

## ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА В ANSYS FLUENT С КОНТРОЛЕМ АДЕКВАТНОСТИ РАСЧЕТОВ

### CHECK CALCULATION OF HEAT EXCHANGER IN ANSYS FLUENT WITH CONTROL OF APPROXIMATION ANALYSIS

Жорнова О. Н., Василевский Н. С., Денисов М. А.  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,  
olgazhornova@mail.ru

Zhornova O. N., Vasilevskiy N. S., Denisov M. A.  
Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** Выполнен поверочный расчет теплообменного аппарата с помощью пакета ANSYS Fluent и произведено сравнение полученных данных с результатом аналитического расчета.

**Abstract:** The verification calculation of the heat exchanger using the ANSYS Fluent package was performed and the obtained data was compared with the result of the analytical calculation.

**Ключевые слова:** ANSYS, поверочный расчет, теплообмен, теплообменный аппарат.

**Key words:** ANSYS, check calculation, heat transfer, heat exchanger.

Работа выполнена при проведении учебных занятий по курсу «Научные инженерные расчёты в современных компьютерных программах».

*Целью исследования* является проверка адекватности поверочного расчета теплообменного аппарата с помощью пакета ANSYS Fluent, с помощью расчета по аналитическим формулам.

*Постановка задачи.* Проводится поверочный расчет теплообменного аппарата конструкции «пучок труб в трубе» с известной площадью теплообмена. Параметры греющей воды: температура на выходе 70 °С, скорость движения воды в трубном пространстве 1,987 м/с; параметры нагреваемой воды: температура на входе 15 °С, скорость движения воды в межтрубном пространстве 0,5 м/с.

Для уменьшения количества элементов в расчете ANSYS Fluent, следовательно, для увеличения скорости расчетов, было решено провести расчет половины секции теплообменного аппарата, полученного результата хватит для оценки адекватности результатов компьютерной модели.

После построения геометрической модели в пакете программ SolidWorks, задача разбивается на 3 домена: греющая среда, нагреваемая среда, стенки нагреваемой среды. Задаются: вход и выход греющей и нагреваемой среды; начальные параметры для теплоносителя и нагреваемой среды (скорость воды, температура на входе).

Результаты расчетов, выполненных с помощью пакета ANSYS Fluent, приведены на рис.1–4.

Температура греющей среды и нагреваемой среды на выходе составили 25 °С и 79 °С соответственно.

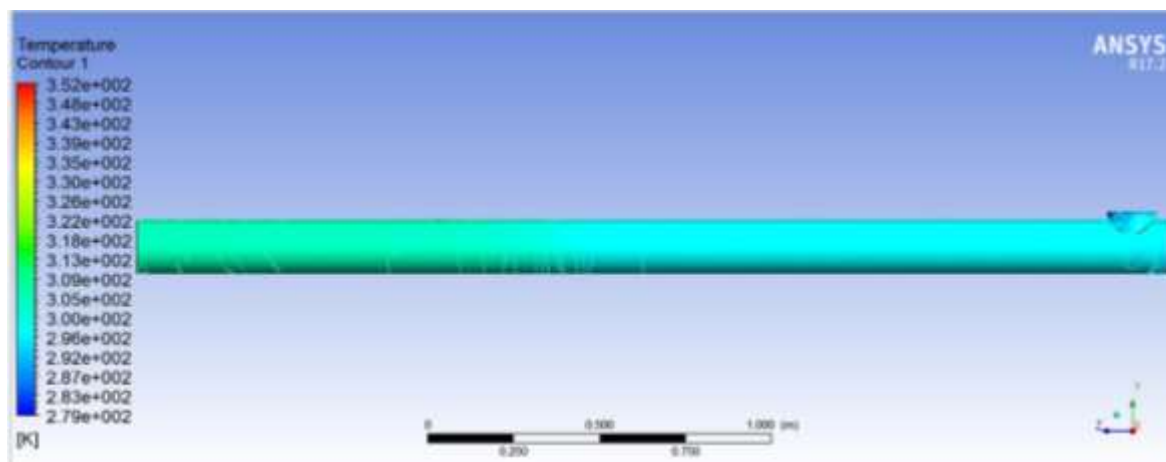


Рис. 1. Распределение температуры нагреваемой среды

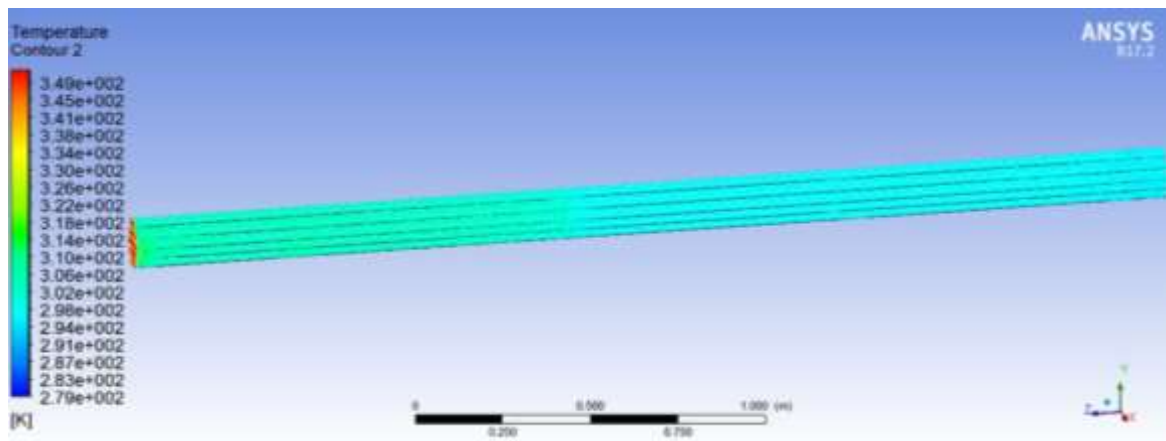


Рис. 2. Распределение температуры стенки трубок

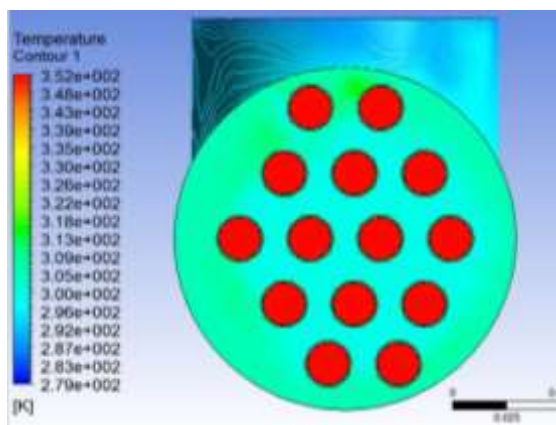


Рис. 3. Поле температуры на входе греющей воды

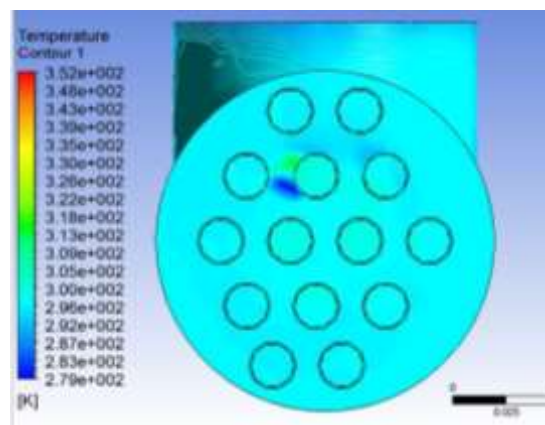


Рис. 4. Поле температуры на выходе греющей воды

Проведено сравнение выходных температур теплоносителя и нагреваемой среды, полученных с помощью пакета ANSYS Fluent, с результатами эксперимента.

Для проведения аналитического расчёта необходимо произвести расчет коэффициентов теплоотдачи обоих теплоносителей.

Для жидкости в трубном пространстве использовались формула [2]:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr_1^{0,43} \left( \frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25},$$

где  $Re$  – безразмерное число Рейнольдса, равное:

$$Re = \frac{w_1 d_e}{\nu_1} = \frac{1,987 \cdot 0,02}{0,274 \cdot 10^{-6}} = 145036,5$$

Тогда безразмерное число Нуссельта равно:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr_1^{0,43} \left( \frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 145036^{0,8} \cdot 1,62^{0,43} \cdot \left( \frac{1,62}{2,19} \right)^{0,25} = 322,67$$

Рассчитав значение Нуссельта, определяется коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_1 = \frac{Nu \lambda_1}{d_6} = \frac{322,67 \cdot 0,6812}{0,02} = 10990 \text{ Bm} / \text{м}^2 \cdot \text{K}$$

Для жидкости в межтрубном пространстве использовалась формула [3]:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr_1^{0,4} \varepsilon_l \varepsilon_n,$$

где  $\varepsilon_l; \varepsilon_n$  – геометрически поправки для теплообмена с пучком труб, Re – безразмерное число Рейнольдса

Было получено следующее значение числа Нуссельта:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr_1^{0,43} \left( \frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 145036^{0,8} \cdot 1,62^{0,43} \cdot \left( \frac{1,62}{1,79} \right)^{0,25} = 339,35$$

И соответствующий коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_2 = \frac{Nu \lambda_2}{d_n} = \frac{279,5 \cdot 0,6459}{0,071} = 2473 \text{ Bm} / \text{м}^2 \cdot \text{K}$$

Коэффициент теплопередачи для данных условий составил:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{лат}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10990} + \frac{0,001}{103} + \frac{1}{2473}} = 2025 \text{ Bm} / \text{м}^2 \cdot \text{K}$$

Используя уравнения теплового баланса и уравнение теплопередачи с помощью нескольких последовательных приближений было установлено, что температура, нагреваемого потока на выходе из элемента равна 26 °С, тогда температура греющего теплоносителя на входе в элемент составляет 79 °С.

Сравнивая значения выходных температур, полученных с помощью пакета ANSYS Fluent, с результатами аналитического расчета можно констатировать удовлетворительное совпадение величин.

Таким образом, проведение поверочного расчёта теплообменного аппарата в ANSYS Fluent дает верные значения температур потоков, без необходимости проведения нескольких приближений в расчетах, что позволяет точнее определить

температуры потоков и подобрать более подходящее оборудование для энергоэффективной работы.

Список использованных источников

1. Денисов М. А. Автоматизированное проектирование в ANSYS и в КОМПАС-3D: учебное электронное текстовое издание. Екатеринбург : УрФУ, 2015.
2. Королев В. Н. Тепломассобмен: учебное пособие; Екатеринбург : УрФУ, 2013. 250 с.
3. Сапожников Б. Г. Тепломассобмен: учебное пособие; Екатеринбург : УрФУ, 2008. 188 с.

УДК 536.423

**РАСЧЕТ СКОРОСТИ ИСПАРЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДЫ В  
ПОТОКЕ ПЕРЕГРЕТОГО ВОДЯНОГО ПАРА**

**CALCULATION OF THE RATE OF EVAPORATION OF WATER  
DROPLETS IN A STREAM OF SUPERHEATED WATER VAPOR**

Жорнова О. Н., Гальперин Л. Г.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,  
Olgazhornova@mail.ru, lhalp@k66.ru

Zhornova O. N., Halperin L. G

Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** Исследовано влияние используемого уравнения состояния пара на расчетные значения скорости испарения неподвижной капли того же вещества. Приведены примеры расчета времени испарения капель воды в перегретом паре в области температур и давлений, характерных для впрыскивающих пароохладителей, редуционно-охладительных установок (РОУ) и быстродействующих редуционно-охладительных установок (БРОУ).

**Abstract:** Influence of the state steam equation on calculated parameters of vaporization rate in case of a fixed drop is investigated.